

(13) DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION

1^{re} PUBLICATION

- (22) Date de dépôt..... 23 juin 1971, à 16 h 23 mn.
(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — «Listes» n. 7 du 18-2-1972.
- (51) Classification internationale (Int. Cl.).. H 01 I 1/00.
- (71) Déposant : Société dite : GENERAL ELECTRIC COMPANY, résidant aux États-Unis
d'Amérique.
- Titulaire : *Idem* (71)
- (74) Mandataire : Cabinet Beau de Loménie, Ingénieurs-Conseils, 55, rue d'Amsterdam, Paris (8).
- (54) Dispositif pour le contrôle de la température de la jonction d'un dispositif semi-conducteur
tel qu'un thyristor.
- (72) Invention de :
- (33) (32) (31) Priorité conventionnelle : *Demande de brevet déposée aux États-Unis d'Amérique le
23 juin 1970, n. 49.092 aux noms de Fred William Kelley Jr. et Floyd Lester Steen.*

La présente invention concerne d'une façon générale les circuits pour le contrôle des températures, et plus particulièrement un circuit pour le contrôle de la température de la jonction d'un dispositif semi-conducteur et pour la production d'un signal si cette température atteint une valeur prédéterminée.

Les dispositifs à l'état solide tels que les thyristors sont couramment utilisés actuellement dans des convertisseurs de courant électrique, des changeurs de fréquence et des commutateurs statiques. Les thyristors sont des dispositifs semi-conducteurs à plusieurs couches comportant plusieurs jonctions P-N à travers lesquels passe le courant de charge ou d'utilisation quand le thyristor est rendu conducteur par polarisation dans le sens direct. Des renseignements plus complets relatifs à ces dispositifs sont donnés dans "Semi-conducteur Controlled Rectifiers" par F. E. Gentry et al, publié en 1964 par Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, E.U.A.

Ainsi qu'il est connu, le passage de courant à travers une jonction P-N entraîne une certaine perte d'énergie et la production de chaleur dans la jonction, de sorte que la température de la jonction est élevée au-dessus de la température ambiante. Dans le cas des dispositifs à grande puissance, ce phénomène devient nettement plus aigu en raison de la tension élevée et du courant important auxquels les dispositifs à l'état solide sont soumis. Des dissipateurs de chaleur sont couramment utilisés pour dissiper une partie de la chaleur engendrée. Malgré tout, le fonctionnement continu ou l'activation fréquente avec des périodes minimales de coupure peut entraîner une élévation de la température de la jonction à une valeur dangereuse, en particulier quand la température ambiante est élevée.

Avec des températures excessivement élevées, la capacité de conduction du courant et de blocage de la tension des semi-conducteurs décroît bien en-dessous des valeurs nominales maximales, ce qui réduit les possibilités de fonctionnement. Ces capacités réduites peuvent se traduire par l'impossibilité du semi-conducteur à assurer sa fonction dans un circuit (par exemple dans le cas d'un thyristor, le blocage du courant jusqu'au déclenchement par polarisation dans le sens direct) et peut parfois entraîner la destruction du dispositif semi-conducteur lui-même.

Pour empêcher tout endommagement du dispositif ou des circuits associés, le dispositif doit être rendu non conducteur avant que la température de sa jonction atteigne une valeur élevée dangereuse. Jusqu'ici ce résultat a été obtenu en connectant en série avec le dispositif semi-conducteur un dispositif répondant à une surcharge thermique, tel qu'un fusible. Cela entraîne non seulement la dépense pour le dispositif de protection, mais aussi le problème de l'adaptation de ses caractéristiques thermiques au dispositif semi-conducteur devant être protégé. Une meilleure protection thermique pourrait être obtenue s'il était possible de déterminer rapidement et avec précision qu'une valeur critique de la température de la jonction est près d'être atteinte.

La présente invention a pour objet un circuit pour le contrôle rapide et précis de la température de la jonction d'un dispositif semi-conducteur en fonctionnement.

La température d'une jonction peut être déterminée soit à partir d'un point situé à l'intérieur du dispositif semi-conducteur, soit à partir d'un point situé à l'extérieur du dispositif. Pour contrôler physiquement la température de la jonction à partir de l'intérieur, un détecteur de température devrait être placé à l'intérieur du dispositif à côté de sa jonction. Cette solution est actuellement coûteuse et en général inutilisable parce que la jonction elle-même n'est normalement pas accessible et qu'il serait nécessaire de prévoir des dispositifs semi-conducteurs d'une fabrication spéciale particulièrement adaptés pour loger à l'intérieur un détecteur de température.

D'autre part, si la température de la jonction est mesurée à partir d'un point situé à l'extérieur du dispositif, cela donne de la souplesse parce qu'il n'est pas nécessaire que le dispositif semi-conducteur soit d'une construction spéciale. Cependant, la détermination de la température de la jonction à partir de l'extérieur du dispositif ne peut pas être assurée avec une précision satisfaisante par le simple contrôle de la température de l'enveloppe du dispositif semi-conducteur. En raison de la faible vitesse de transfert de la chaleur caractéristique de la structure d'enveloppe et des éléments de montage et autres associés, une mesure de l'extérieur de la température ne peut pas représenter avec précision la température de la jonction à l'instant où la mesure est effectuée.

L'invention a par suite aussi pour objet le contrôle de la température de la jonction d'un dispositif semi-conducteur au moyen d'un circuit perfectionné avec la précision d'une mesure effectuée à l'intérieur et la commodité d'une mesure effectuée de l'extérieur.

L'invention a aussi pour objet un circuit pour contrôler la température de la jonction d'un dispositif semi-conducteur à partir de l'extérieur du dispositif par synthèse en utilisant certains paramètres mesurés physiquement.

L'invention a aussi pour objet un circuit pour le contrôle de la température de la jonction d'un thyristor faisant partie d'un circuit commutateur statique, ce circuit étant ouvert et le courant étant interrompu avec sécurité si la température de la jonction atteint une valeur prédéterminée.

L'invention concerne par suite un dispositif de contrôle de la température pour déterminer si la température de la jonction d'un thyristor conducteur a atteint une valeur prédéterminée correspondant à une température dangereusement élevée. Le dispositif de contrôle comporte des circuits qui synthétisent la réponse thermique d'une partie du thyristor et de l'ensemble de pression associé entre une jonction P-N intérieure du thyristor et un point de référence extérieur situé sur le dissipateur de chaleur et étroitement voisin de la jonction. Les circuits de synthèse utilisent un signal mesuré indiquant la valeur du courant traversant la jonction, et ils convertissent ce signal en un signal représentant l'énergie dissipée dans la jonction. Ce dernier signal est envoyé à un simulateur de transfert de chaleur dans lequel il est converti en un signal représentant la différence de température entre la jonction et le point de référence du dissipateur de chaleur. Ce signal est combiné dans un circuit additionneur avec un signal mesuré représentant la température du dissipateur de chaleur pour la production d'un signal sortant représentant la température de la jonction elle-même. Le signal sortant du circuit additionneur est de préférence envoyé à un détecteur de niveau pour la production d'un signal d'arrêt quand le signal entrant est supérieur à un niveau prédéterminé. Un dispositif répondant au signal d'arrêt peut alors être utilisé pour supprimer les signaux de déclenchement du thyristor conducteur afin que celui-ci devienne non conducteur et se refroidisse.

Les caractéristiques de l'invention ressortiront plus particulièrement de la description suivante, donnée à titre d'exemple et faite en se référant aux dessins annexés sur lesquels :

5 - la figure 1 est le schéma général d'un dispositif de contrôle de la température d'une jonction d'un commutateur statique selon un mode de mise en oeuvre de l'invention,

- la figure 2 représente schématiquement une partie du commutateur statique de la figure 1,

10 - la figure 3 est une coupe d'un thyristor et de son ensemble de pression,

- la figure 4 est une vue en perspective et partiellement en coupe d'une partie du détecteur de température utilisé dans un dispositif de contrôle selon un mode de mise en oeuvre de l'invention,

15 - la figure 5 est le schéma général d'une partie du circuit de la figure 1,

- la figure 6 représente graphiquement les caractéristiques de dissipation d'énergie d'un thyristor, et

20 - la figure 7 représente graphiquement l'impédance thermique transitoire du thyristor et de son ensemble de pression.

La figure 1 représente sous la forme de schéma général une phase d'un disjoncteur triphasé à l'état solide (statique) comportant un dispositif de contrôle de la température selon un mode de mise en oeuvre de l'invention.

25 Une phase du disjoncteur 1 connecté entre une source de courant alternatif 2 et une charge 3 comporte un commutateur 4 ayant des branches de thyristors 5 et 6 connectées en parallèle et dans des sens inverses, et un circuit de commande 29. Le circuit de commande applique des signaux de déclenchement aux électrodes de commande des thyristors formant le commutateur afin de rendre le thyristor conducteur pour l'alimentation de la charge en courant alternatif.

30 Ainsi qu'il est connu, un thyristor est conducteur pour le courant de la charge quand il est déclenché à un moment pendant lequel son anode est polarisée positivement par rapport à sa cathode. Par suite, dans un commutateur à courant alternatif, les thyristors sont habituellement connectés en parallèle et dans des

sens inverses afin que le courant puisse passer aussi bien pendant les demi-périodes positives que pendant les demi-périodes négatives de la source de courant d'alimentation. Quand un thyristor a été rendu conducteur, il reste conducteur jusqu'à ce que le niveau du courant le traversant tombe en dessous d'une certaine valeur de maintien. Quand le thyristor est connecté dans un système à courant alternatif, la conduction du courant cesse à l'arrivée naturelle à zéro du courant, répétée cycliquement, et le thyristor reste non conducteur jusqu'à être à nouveau déclenché qu'au moment où la tension de son anode redevient positive.

Le disjoncteur 1 comporte des dispositifs (non représentés) pour détecter un dérangement et pour supprimer les signaux de déclenchement des thyristors afin que le courant pour la charge soit interrompu à l'arrivée à zéro suivante du courant. Des dispositifs de commutation (non représentés) peuvent aussi être utilisés pour provoquer de façon forcée la non-conduction des thyristors avant l'arrivée suivante à zéro du courant, afin de limiter le courant de dérangement à sa naissance.

Sur la figure 1, les branches 5 et 6 de thyristors sont représentées symboliquement avec une électrode de commande double pour indiquer que chaque branche comporte en réalité plusieurs thyristors individuels connectés en parallèle pour obtenir une grande capacité de courant. Cette construction est représentée plus en détail sur la figure 2.

La figure 2 représente schématiquement une phase d'un disjoncteur triphasé. Cette figure montre sous une forme simplifiée la disposition intérieure et les connexions électriques des thyristors formant le commutateur 4. Chaque bloc ou cube de la figure 2 représente un thyristor individuel et son ensemble de pression. Les blocs 5a à 5n sont connectés en parallèle pour former la branche 5 de thyristors et les blocs 6a à 6n sont connectés en parallèle pour former la branche 6 de thyristors.

Les thyristors individuels et leurs ensembles de pression sont montés dans la pratique très près les uns des autres pour constituer une structure unitaire qui comporte un dispositif pour la circulation d'air de refroidissement dans la direction indiquée par les flèches passant autour des dispositifs dissipateurs de chaleur des différents ensembles de pression.

La figur 3 représente en coupe un thyristor typique 7 et son ensemble de pression 8. Cette figure montre d'une façon simplifiée l'unité représentée sur la figure 1 du brevet des Etats Unis d'Amérique N° 3.471.757 et montre aussi une partie du circuit de contrôle selon la présente invention.

Le thyristor 7 comporte une rondelle ou pastille en forme de disque mince 9 placée sur un support plus épais 10 en tungstène ou une matière analogue. La pastille est caractérisée par quatre couches 9a, 9b, 9c et 9d de silicium ayant alternativement des conductivités de types P et type N (l'interface entre deux couches voisines constituant une jonction redresseuse). La pastille de semi-conducteur 7 et son support 10 sont montés en sandwich entre deux éléments en forme de coupelles 11 et 12 constituant les bornes et dont les bords sont liés aux extrémités opposées d'un manchon en matière céramique 13 pour former un logement unitaire scellé hermétiquement pour la pastille. Les parois latérales des éléments en coupelles sont en métal conducteur ductile, par exemple en cuivre et les fonds de ces éléments constituent les électrodes principales du thyristor. L'élément 12 forme l'anode du thyristor et l'élément 11 forme la cathode. Le thyristor 7 est disposé matériellement entre deux éléments de pression en cuivre 14 et 15 et sont connectés électriquement en série avec les éléments de pression qui servent ainsi comme conducteurs électriques et thermiques combinés. Un élément amortisseur de contrainte conducteur 16 est interposé entre la cathode 11 et le poussoir 14. L'anode et la cathode du thyristor 7 et les poussoirs 14 et 15 sont couplés mécaniquement par serrage de ces éléments les uns contre les autres sous une pression élevée. Dans ce but, l'ensemble de serrage 8 comporte un tirant central 17 dont les écrous sont serrés pour établir une force de compression axiale sur les poussoirs 14 et 15. Des colonnettes supplémentaires sont aussi montées de la façon représentée en 18 (une seule étant représentée). Une description complète du dispositif de serrage est donnée dans le brevet des Etats Unis d'Amérique N° 3.471.757 précité.

Pendant le fonctionnement du thyristor, le passage du courant électrique à travers les jonctions redresseuses engendre de la chaleur dans ces jonctions. En raison de la chute de tension relativement plus importante dans la jonction du milieu 19, celle-ci a tendance à engendrer la plus grande partie de la chaleur

dégagée dans les jonctions redresseurs du thyristor. Les pous-
soirs conducteurs 14 et 15 sont des dissipateurs de chaleur pour
le thyristor 7. Pour faciliter la dissipation de la chaleur à
partir de ces poussoirs, les poussoirs sont munis respectivement
5 de groupes d'ailettes de refroidissement, métalliques, espacées 20
et 21 pour former un ensemble dissipateur de chaleur unitaire.

Bien que le dissipateur de chaleur soit normalement
efficace pour dissiper des quantités suffisantes de la chaleur
engendrée dans les jonctions pour que le dispositif reste entre
10 des limites thermiques de fonctionnement en sécurité, certaines
conditions peuvent néanmoins apparaître et provoquer une élévation
de la température des jonctions à des valeurs inadmissibles. Il
est par suite désirable de déterminer la température réelle des
jonctions pour provoquer la coupure ou non-conduction du dispo-
15 sitif et pour permettre son refroidissement quand la température
approche d'une valeur inadmissible.

La mesure directe de la température des jonctions est
actuellement impraticable en raison de l'inaccessibilité de la
jonction. La température du dissipateur de chaleur peut être con-
20 venablement mesurée, mais cette température ne représente pas la
la température de la jonction avec la précision désirable pour
certaines utilisations pratiques des thyristors de grande puis-
sance. La température de la jonction est fonction de l'énergie
dissipée dans la pastille en semi-conducteur, de la vitesse de
25 diffusion de la chaleur à partir de la jonction et des conditions
de température du dispositif semi-conducteur, de son enveloppe, d
son ensemble de pression et de l'atmosphère environnante. La me-
sure de la température du dissipateur de chaleur lui-même ne tient
pas compte de tout ces facteurs.

30 Le circuit de contrôle de la température selon l'inven-
tion mesure la température d'un point de référence facilement
accessible et synthétise l'état thermique du thyristor et d'une
partie de son ensemble de pression. Le signal synthétique engendré
représente la différence de température entre la jonction et le
35 point de référence (par exemple un point sur le dissipateur de
chaleur). Ce signal est ensuite combiné au signal de référence
pour la production d'un signal représentant la température de la
jonction elle-même.

Le signal synthétique tient compte de l'énergie dissipée dans la jonction, de la vitesse de diffusion de la chaleur et des conditions de température du dispositif, en assurant ainsi la précision de la mesure. La vitesse avec laquelle la chaleur engendrée diffuse à partir de la jonction est une fonction de l'impédance thermique transitoire du dispositif. L'impédance thermique transitoire est le rapport entre l'élévation de la température de la jonction en fonction du temps et l'énergie dissipée par cette jonction. Par suite, si l'énergie dissipée dans la jonction à un instant particulier est connue, l'augmentation de la température de la jonction peut être déterminée si l'impédance thermique transitoire est connue aussi.

Il existe une analogie directe entre le circuit thermique équivalent d'un thyristor et un circuit filtre RC. Une explication plus détaillée de ce sujet est donnée pages 166 et 187 du traité de Gentry et al précité. Un choix convenable des valeurs des constituants du circuit RC permet d'obtenir un circuit électrique ayant une réponse analogue à celle d'une impédance thermique transitoire ayant la constitution matérielle utilisée (par exemple la constitution entre la jonction et un point de référence du dissipateur de chaleur). Le circuit RC synthétisé peut alors recevoir un signal indiquant la quantité d'énergie dissipée dans la jonction pour produire un signal sortant représentant la différence des températures entre la jonction et le point de référence.

L'impédance thermique transitoire d'un dispositif est fonction de plusieurs facteurs parmi lesquels (1) la dimension du dissipateur de chaleur auquel il est fixé, (2) la vitesse du fluide de refroidissement circulant à travers le dissipateur de chaleur et (3) l'état de surface du dissipateur de chaleur (par exemple le degré de propreté).

Pour minimiser tout désaccord résultant des variations de la température de l'atmosphère ambiante, de la vitesse ou de l'état de surface du dissipateur de chaleur, il est préférable de synthétiser le circuit RC pour qu'il corresponde aux caractéristiques thermiques de la configuration comprise entre la jonction et un point de référence du dissipateur de chaleur très voisin de la jonction.

Ainsi que le montre la figure 1, le dispositif de contrôle de la température de la jonction comporte un certain nombre d'éléments en double. Cette construction est préférable dans le cas du commutateur bidirectionnel 4 pour permettre de détecter le
5 surchauffage pour chacune des branches 5 et 6 de thyristors conducteurs alternativement. Par exemple, le dispositif détecteur de température 27, le circuit de contrôle de la température 25 et le détecteur de courant 22 servent à contrôler le niveau de la température de la branche de thyristors 5 représentée schématiquement,
10 tandis que le détecteur de température 28 (qui est le pendant du détecteur 27), le circuit de contrôle de la température 26 (qui est le pendant du circuit 25) et le détecteur commun 27 servant à contrôler le niveau de la température de la branche 6.

Ainsi que le montre la figure 1, les signaux sortants 23
15 et 24 de détecteur de courant 22 sont appliqués aux circuits de contrôle respectifs 25 et 26 qui reçoivent aussi les signaux sortants 29 et 30 des détecteurs de température respectifs 27 et 28. Les signaux sortants respectifs 31 et 32 des circuits de contrôle de la température sont appliqués au circuit de commande 29. Si la
20 température de la jonction d'un thyristor devient dangereusement élevée, le circuit de contrôle de la température associé à ce thyristor produit un signal d'arrêt pour le circuit de commande 29. A la réception de ce signal, le circuit de commande 29 cesse d'envoyer des signaux de commande aux thyristors du commutateur qui
25 par suite cessent d'être conducteurs à l'arrivée naturelle à zéro du courant. Les thyristors peuvent alors se refroidir suffisamment avant d'être rendus à nouveau conducteurs par la reprise des signaux de déclenchement du circuit de commande 29.

Comme il a été indiqué ci-dessus, les branches de thyristors 5 et 6 sont constituées en réalité par des groupes parallèles chacun d'un grand nombre de thyristors individuels.

La figure 2 montre les connexions pour l'une des phases. Les thyristors 5c, 5d, 5i, 5j, 6c, 6d, 6i, et 6j qui sont disposés près du milieu de chaque groupe sont normalement chauffés à une
35 température supérieure à celle des autres. De plus, du fait que l'air de refroidissement pour cette unité de phase circule dans le sens représenté par les flèches, l'échauffement des thyristors centraux 5c, 5d, 6c et 6d est normalement supérieur à celui des thyristors amont 5i, 5j, 6i et 6j. En plaçant des détecteurs
40 de température seulement à côté des thyristors considérés comme

devant être les plus chauds, les conditions dans le cas le plus défavorable sont prévues tout en réduisant la nécessité de multiplier le nombre de détecteurs. Dans ce but, le thyristor 5c est muni du détecteur de température 27 et le thyristor 6c est

5 muni du détecteur de température 26.

La construction du détecteur de température 27 et sa disposition sur une ailette du dissipateur de chaleur de l'ensemble de pression du thyristor 5c sont représentées sur les figures 4 et 3. Comme le montre la figure 4, le détecteur de

10 température comprend un thermistor 32 disposé à l'intérieur d'une ouverture 33 d'un élément conducteur de la chaleur tel que le bloc de cuivre 34. Les conducteurs de connexion du thermistor sortent du bloc par des faces latérales opposées et ils sont connectés à un câble coaxial 35 qui sert à connecter le

15 thermistor au circuit de contrôle de la température. Le bloc 34 est connecté thermiquement à l'ailette 21 du dissipateur de chaleur immédiatement à côté du thyristor pour les raisons considérées ci-dessus. Le bloc et son thermistor sont protégés par une masse 36 de matière d'enrobage dans laquelle ils sont enfermés.

20 La figure 5 est le schéma général plus détaillé des éléments assurant le contrôle de la température de la jonction pour le thyristor 5c.

Le détecteur de courant 22 est de préférence formé par un transformateur de courant produisant deux signaux sortants

25 identiques. Le signal sortant 23 est envoyé au circuit de contrôle de la température 25 (représenté sur la figure 5) tandis que le signal sortant 24 est envoyé au circuit de contrôle de la température 26 (non représenté sur la figure 5). Le signal sortant 23 appelé I_1 est un signal dont l'amplitude représente la

30 valeur du courant traversant la jonction redresseuse 19. Ce signal est appliqué à l'entrée d'un générateur de fonction non linéaire 37. Le générateur de fonction non linéaire 37 convertit le signal I_1 en un signal représentant la quantité d'énergie dissipée dans la jonction. Dans ce but, le générateur 37 est construit pour si-

35 muler les caractéristiques de dissipation d'énergie de la jonction.

La figure 6 est un graphique montrant la réponse de dissipation de puissance réelle (idéale) C et les approximations linéaires D pour cette réponse. La courbe idéale est la réponse non

linéaire de dissipation de puissance de la jonction redresseuse 19 pour différentes valeurs du courant dans la jonction. Les approximations linéaires de la réponse idéale, représentées en traits pleins, peuvent être établies pour synthétiser pratiquement un
5 circuit ayant une fonction de transfert équivalant sensiblement à la fonction idéale. Le générateur de fonction non linéaire 37 comporte des circuits convenables pour effectuer ces approximations de façon que l'amplitude de son signal sortant I_2 soit sensiblement proportionnelle à la puissance dissipée dans la jonction pour n'importe quelle valeur de I_1 .
10

Le signal I_2 est envoyé à l'entrée d'un simulateur de transfert thermique 38 dont la fonction est de convertir le signal I_2 qui représente la dissipation de puissance dans la jonction en un signal représentant la différence entre les températures de la jonction et du point de référence choisi.
15

Comme il a été indiqué ci-dessus, si la valeur de l'énergie dissipée par la jonction est connue et si l'impédance thermique transitoire du thyristor et d'une partie de son ensemble de pression est connue aussi, il est possible de déterminer la différence entre les températures de la jonction et de cette partie de l'ensemble de pression. Dans ce but, le circuit simulateur de transfert thermique produit une fonction qui est synthétisée pour correspondre sensiblement à l'impédance thermique transitoire de la partie du thyristor et de son ensemble de pression, située
20 entre la jonction 19 et le point du dissipateur de chaleur 21 sur lequel est fixé le détecteur de température 27. Ce simulateur comporte essentiellement un circuit atténuateur de fréquence ou filtre RC pour lequel les valeurs de la résistance et de la capacité sont choisies pour obtenir la fonction de transfert voulue.
25 La courbe A de la figure 7 montre la fonction de transfert du simulateur de transfert thermique construit dans ce but, et la courbe B montre l'impédance thermique transitoire du thyristor et de son ensemble de pression complet (c'est-à-dire entre la jonction et l'air).
30

Le simulateur 38 recevant un signal entrant représentant la puissance dissipée dans la jonction produit un signal de tension V_1 qui représente la différence de température entre la jonction et le détecteur de température.
35

Le détecteur de température 27 comprend un thermistor à coefficient de température positif dont la résistance est directement proportionnelle à sa température. Une source de courant constant 39 fournit un courant I_0 de valeur constante traversant le thermistor 32 du détecteur pour assurer la précision. La tension aux bornes du thermistor est utilisée pour produire un signal sortant V_2 représentant la température du thermistor et par suite de la partie du dissipateur de chaleur à laquelle il est fixé. Le courant I_0 est suffisamment faible pour que la chaleur engendrée par ce courant à l'intérieur du thermistor soit insignifiante.

Un amplificateur réglable 40 amplifie la tension V_2 pour produire une tension V_3 qui est mise à une échelle correspondant à la tension V_1 du simulateur 38 (c'est-à-dire que chaque volt de V_3 représente le même nombre de degrés de température que chaque volt de V_1). Le signal à l'échelle V_3 et le signal V_1 sont appliqués à un circuit additionneur 41 dans lequel les signaux sont combinés algébriquement pour produire un signal V_4 .

Comme la tension V_1 représente la différence de température entre la jonction et le point de référence du dissipateur de chaleur et V_2 représente la température du point de référence du dissipateur de chaleur, le signal combiné V_4 représente la température de la jonction redresseuse elle-même.

La tension V_4 est appliquée à l'entrée d'un détecteur de niveau 42. Quand la tension V_4 est supérieure à une certaine valeur (indiquant que la température de la jonction est dangereusement élevée) le détecteur de niveau 42 produit un signal d'arrêt S qui est de préférence envoyé au circuit de commande 29 pour que celui-ci supprime les signaux de déclenchement. Ce signal peut aussi être utilisé pour déclencher une alarme audible ou visible indiquant que la température de la jonction est élevée.

Bien que le dispositif de contrôle de la température selon l'invention soit représenté et décrit en considérant le cas d'un disjoncteur statique triphasé, il est évident qu'il peut être utilisé pour différents appareils de puissance à l'état solide tels que des redresseurs, des convertisseurs et des changeurs de fréquence.

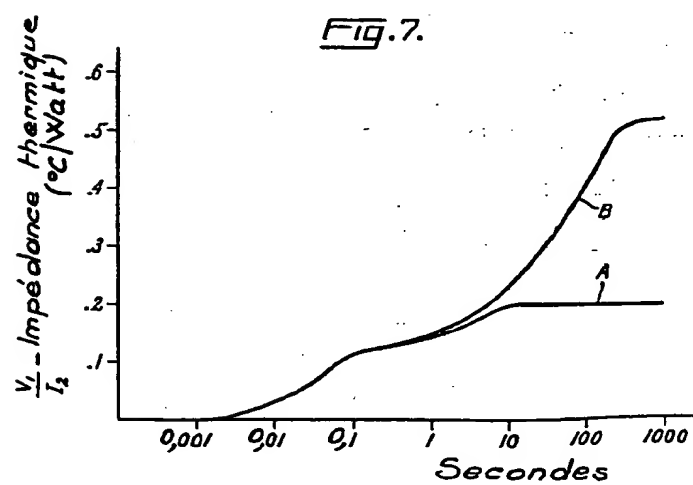
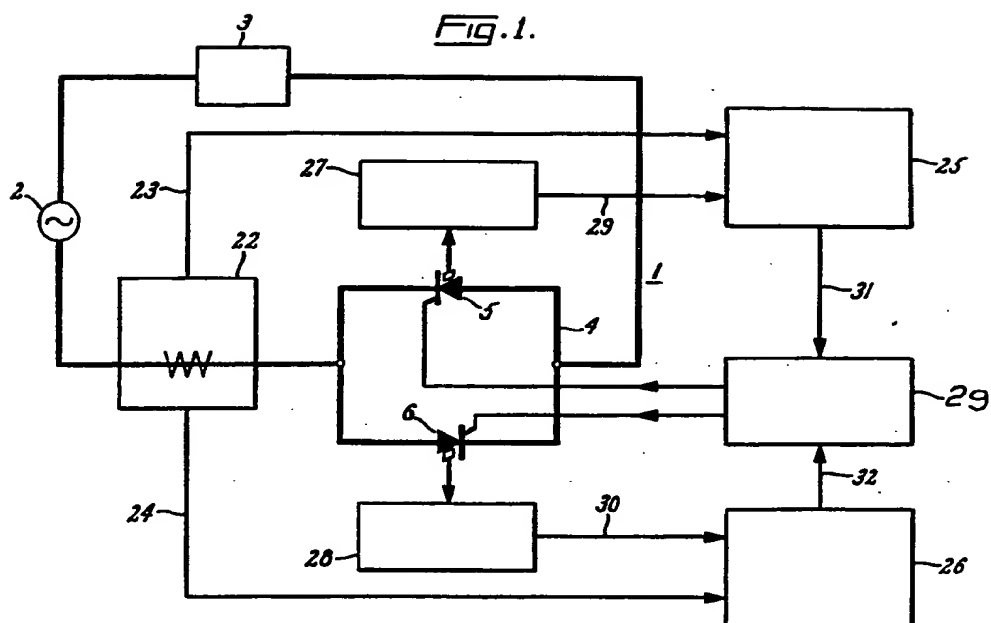
Bien entendu, la description qui précède n'est pas limitative et l'invention peut être mise en oeuvre suivant d'autres variantes sans que l'on sorte de son cadre.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour contrôler la température de la jonction
5 d'un dispositif semi-conducteur d'un circuit de puissance comportant deux électrodes principales et un corps en matière semi-conductrice ayant au moins une jonction P-N, au moins l'une des électrodes étant couplée mécaniquement à un dissipateur de chaleur pour former avec celui-ci un ensemble unitaire, caractérisé
10 par la détection de la température d'une partie sélectionnée de l'ensemble dissipateur de chaleur pour la production d'un premier signal représentant cette température, la détection de l'intensité du courant traversant la jonction et la production d'un second signal représentant ce courant, la conversion du second
15 signal en un troisième signal représentant l'énergie dissipée dans la jonction, l'atténuation de la fréquence du troisième signal pour produire un quatrième signal représentant la différence entre les températures de la jonction et de la partie sélectionnée de l'ensemble dissipateur de chaleur, et la combinaison algébrique
20 du premier signal et du quatrième signal pour la production d'un signal représentant la température de la jonction.
2. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que la partie sélectionnée de l'ensemble dissipateur de chaleur est
25 une partie du dissipateur de chaleur immédiatement voisine de la jonction.
3. Procédé selon la revendication 2 caractérisé par le contrôle de la valeur du signal sortant pour produire un cinquième signal quand ce signal sortant atteint une valeur prédéterminée.
4. Circuit pour le contrôle de la température de la jonction
30 d'un dispositif semi-conducteur d'un circuit de puissance comportant un dispositif semi-conducteur ayant deux électrodes principales conductrices de courant et un corps en matière semi-conductrice comportant au moins une jonction P-N, au moins l'une de ces électrodes étant couplée mécaniquement à un dissipateur
35 de chaleur pour former avec celui-ci un ensemble unitaire, caractérisé par un dispositif détecteur de température pour produire un premier signal représentant la température d'une partie choisie de l'ensemble dissipateur de chaleur, un dispositif pour détecter la valeur du courant traversant la jonction pour produire un second signal représentant ce courant, un générateur de fonction non

- linéaire pour convertir le second signal en un troisième signal représentant la caractéristique de dissipation d'énergie du dispositif semi-conducteur, un dispositif pour atténuer la fréquence du troisième signal et pour produire un quatrième signal représentant la différence de température entre la jonction et la partie choisie de l'ensemble dissipateur de chaleur, et un dispositif pour combiner algébriquement le premier signal et le quatrième signal pour produire un signal représentant la température réelle de la jonction.
- 5
- 10 5. Circuit de contrôle selon la revendication 4 caractérisé en ce que la partie choisie de l'ensemble dissipateur de chaleur est une partie du dissipateur de chaleur immédiatement voisine de la jonction.
- 15 6. Circuit de contrôle selon l'une des revendications 4 et 5 caractérisé par un détecteur de niveau couplé à la sortie du dispositif de combinaison pour produire un cinquième signal quand le signal sortant du dispositif de combinaison atteint une valeur prédéterminée.
- 20 7. Circuit de contrôle selon la revendication 6 caractérisé en ce que le dispositif semi-conducteur est un thyristor ayant une électrode de commande recevant les signaux de déclenchement d'un circuit de commande, et le circuit de commande est inhibé pour qu'il ne produise pas de signaux de déclenchement du fait de la présence du cinquième signal.
- 25 8. Circuit de contrôle de la température de la jonction d'un dispositif semi-conducteur d'un circuit de puissance comportant un commutateur à l'état solide comprenant plusieurs dispositifs semi-conducteurs similaires connectés en parallèle, chacun ayant une paire d'électrodes principales pour le passage du courant et un corps en matière semi-conductrice ayant au moins une
- 30 jonction P-N, au moins une électrode principale de chaque dispositif semi-conducteur étant couplée mécaniquement à un dissipateur de chaleur pour former avec celui-ci un ensemble unitaire, caractérisé par un dispositif détecteur de température produisant un
- 35 premier signal représentant la température d'une partie sélectionnée de l'ensemble dissipateur de chaleur devenant normalement la plus chaude, ce dispositif détecteur de température étant connecté au dissipateur de chaleur n un point étroitement voisin de la

- jonction du dispositif semi-conducteur, un dispositif pour détecter la valeur du courant traversant la jonction pour produire un second signal représentant ce courant, un générateur de fonction non linéaire convertissant le second signal en un troisième signal
- 5 représentant la caractéristique de dissipation d'énergie du dispositif semi-conducteur, un dispositif pour l'atténuation de la fréquence du troisième signal, et pour produire un quatrième signal représentant la différence de température entre la jonction et la partie sélectionnée du dissipateur de chaleur, et un dis-
- 10 positif combinant algébriquement le premier signal et le quatrième signal pour produire un signal représentant la température réelle de la jonction.
10. Circuit de contrôle selon la revendication 9 caractérisé par un détecteur de niveau couplé à la sortie du dispositif de
- 15 combinaison pour produire un cinquième signal quand le signal sortant du dispositif de combinaison atteint une valeur prédéterminée.



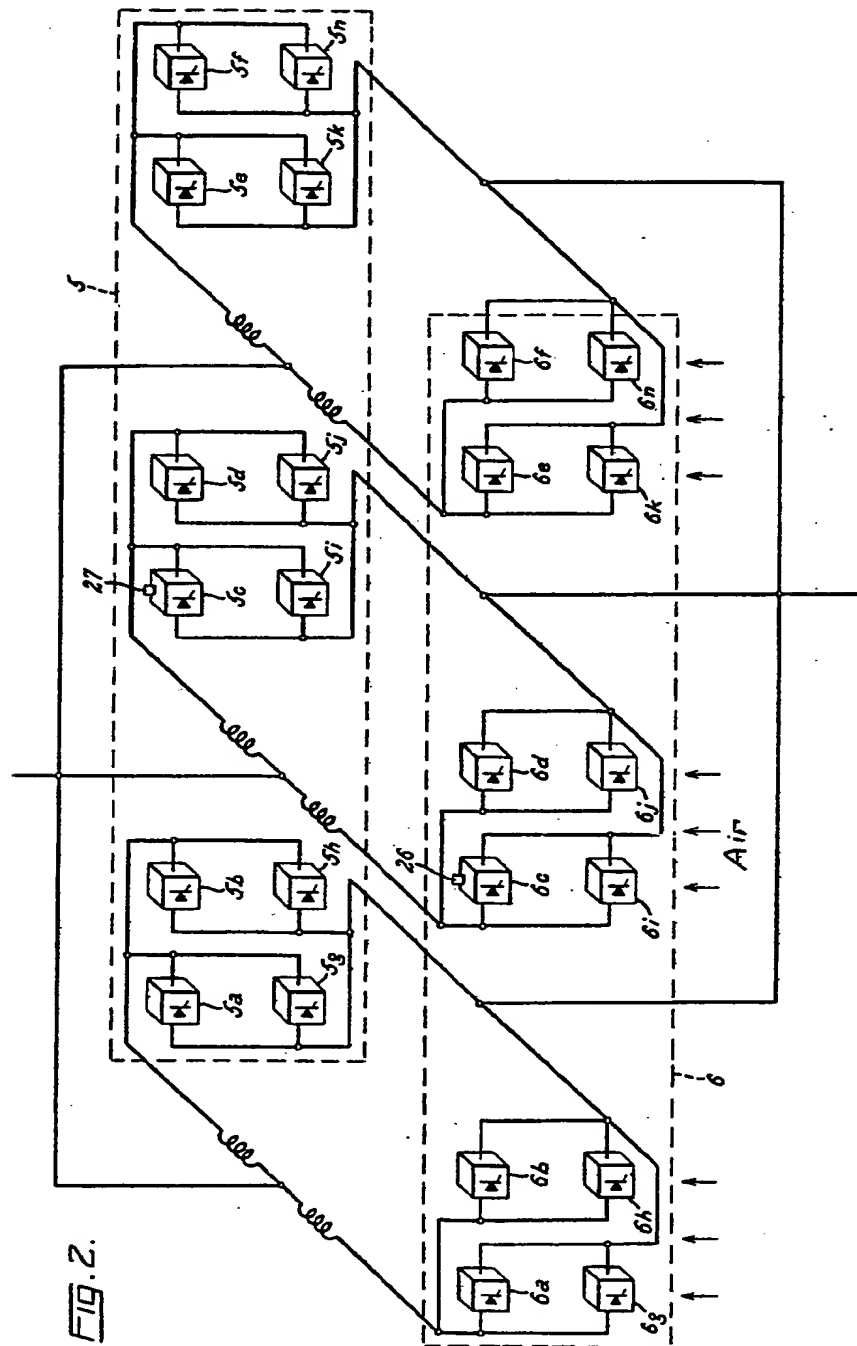


Fig. 3.

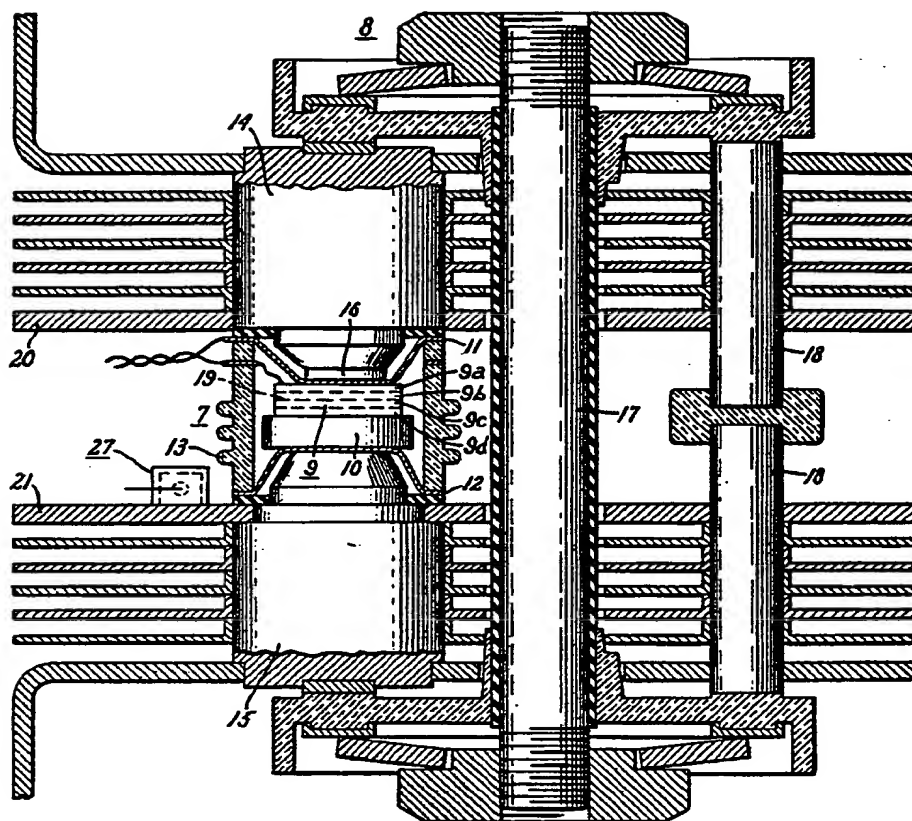


Fig. 4.

